



УДК 621.314.21

ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННАЯ ТРАНСФОРМАТОРНАЯ ПОДСТАНЦИЯ И СПЕЦИФИКА ЕЁ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ВЗРЫВООПАСНОЙ СРЕДЫ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

EXPLOSIVE PROTECTED TRANSFORMER SUBSTATION AND THE SPECIFICITY OF ITS WORK UNDER THE EXPLOSION OF EXPLOSIVE COAL MINERAL

Гоголев Андрей Александрович, магистрант каф. «Электрические машины», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: 9andrey910@mail.ru

Новиков Николай Николаевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, доцент каф. «Электрические машины», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: novikovustu@mail.ru

Andrey A. Gogolev, Master student, Department «Electrical machinery», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: 9andrey910@mail.ru

Nikolay N. Novikov, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, assistant professor, Department «Electrical machinery», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: novikovustu@mail.ru

Аннотация: В статье рассматриваются особенности работы взрывозащищенной трансформаторной подстанции, описаны основные нюансы работы оборудования в условиях шахты. Рассмотрена конструкция взрывозащищенной трансформаторной подстанции, выделены конструктивные особенности, обеспечивающие безопасную работу в условиях взрывоопасной окружающей среды. В статье приведены рекомендации по повышению энергоэффективности оборудования с использованием новых материалов и современных технологий изготовления.

Abstract: The article deals with the features of the operation of the explosion-proof transformer substation, describes the basic nuances of the equipment operation in the mine environment. The design of the explosion-proof transformer substation is considered, design features are provided that ensure safe operation in an explosive environment. The article provides recommendations on improving the energy efficiency of equipment using new materials and modern manufacturing techniques.

Ключевые слова: горно-шахтное оборудование; взрывозащищенная трансформаторная подстанция; взрывозащита; трансформатор.

Key words: mining equipment; explosion-proof transformer substation; explosion protection; transformer.

Угольная промышленность России является одной из важных отраслей топливно - энергетического комплекса страны. Вовлечение угля в производство энергоресурсов в России составляет более 25%. Добыча угля в России составляет около 350 млн. тонн в год [1]. Оборудование для его добычи постоянно совершенствуется, как и требования безопасности к нему.

Взрывозащищенная трансформаторная подстанция (ВТП) является важной, неотъемлемой частью любой шахты, рисунок 1. ВТП питает такое электрооборудование подземных выработок как: про-

ходческие комбайны, скребковые комбайны, конвейерные транспортировочные ленты, вытяжные вентиляторы, ручной электроинструмент шахтеров и т.п. По сравнению с обычными общепромышленными потребителями, питающимися от трансформаторной подстанции, отличительной особенностью горно - шахтного оборудования являются: высокие пусковые токи, частые включения/выключения оборудования и непостоянность приложенных нагрузок. Эти факторы необходимо учитывать при внедрении нового оборудования, эксплуатации, проектировании новых ВТП.

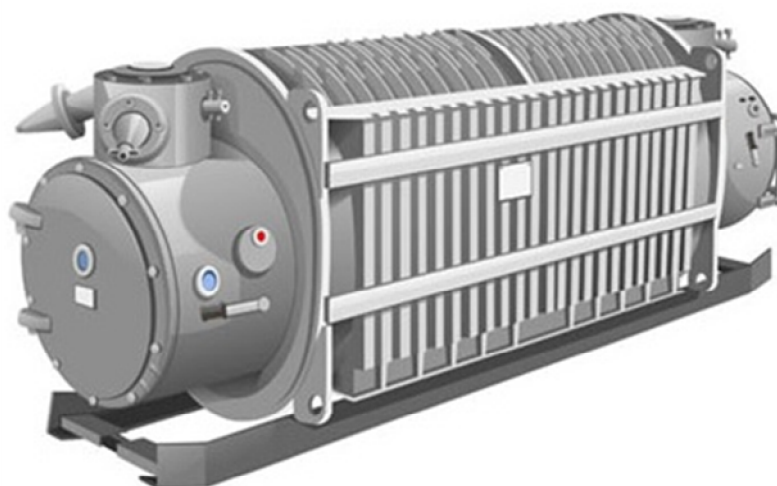


Рис. 1. Общий вид взрывозащищенной трансформаторной подстанции (ВТП) мощностью 400 кВА

Тенденции развития рынка угледобывающей техники требуют увеличения мощности питающих подстанций, в особенности это связано с повышением энерговооруженности проходческих комбайнов и транспортировочных лент. На сегодняшний день, подстанции работающие в шахтах – это оборудование, разработанное в конце 90-х годов, которое требует усовершенствования. При использовании новых материалов и современного производственного оборудования, энергоэффективность ВТП и массогабаритные показатели можно улучшить до 40%.

Выработки шахт соляной и угольной добычи относятся к взрывоопасной зоне 1-ой степени – это зоны в которых возможно присутствие взрывоопасной газовой смеси при нормальном режиме эксплуатации оборудования по ГОСТ Р 51330.9-99. Такая специфика окружающей среды накладывает особые требования к устройству оборудования, его надежности и обеспечению безопасной работы. В связи с этим, все оборудование, применяемое в выработках шахт, должно обеспечивать степень защиты оболочки не ниже IP 54 по ГОСТ 14254-96, а также соответствовать исполнению по взрывозащите РВ-4В-3В-Иа(ExdI) по ГОСТ 12.2.020-76.

Проходческие туннели шахт накладывают на ВТП ограничения габаритных размеров. Малые габариты накладывают сложность для размещения оборудования внутри отсеков ВТП. Агрессивная окружающая среда и высокие механические нагрузки на оболочку обязывают её быть надежной, выдерживать критические нагрузки в случае аварии (взрыв метано-воздушной смеси; обрушение породы). Для обеспечения высокой механической надежности оболочка усиливается

каркасом жесткости. Также, важным критерием проектирования оболочки является обеспечение взрывозащиты. Взрывозащита достигается фланцевым болтовым соединением, с обязательным использованием негорючего подкладочного материала в местах сболчивания. Рядом с каждым фланцевым соединением конструктивно предусмотрен клапан аварийного сброса давления. Он необходим для предотвращения последствий взрыва внутри ВТП, чтобы воспламеняющая среда, возникшая внутри ВТП не покидала объема подстанции. Клапан аварийного сброса давления конструктивно представляет собой полость в стенке ВТП с клапаном сброса избыточного давления, заполненную круглыми стеклянными шариками.

Габаритные размеры трансформатора отличаются от размеров общепромышленных трансформаторов тем, что трансформатор для ВТП имеет вытянутую форму. Такое решение немного снижает технические характеристики оборудования, но это необходимо для размещения оборудования в туннеле шахты. Например, в старых ВТП использовалась горячекатаная электротехническая сталь (её характеристики на примерно на 30% хуже чем у холоднокатаной анизотропной электротехнической стали), т.к. её цена была значительно дешевле остальных. Сейчас ситуация кардинально изменилась, поскольку современные технологии изготовления стали сделали её стоимость и эффективность применения для производителей ВТП более выгодной.

Среднегодовая температура в шахте на глубине 800 метров составляет +28 °С (в целом, температуру в шахте можно считать постоянной т.к. после погружения ниже отметки 300 метров от поверхности, температура внутри шахты не зави-

сит от температуры на поверхности). Самый главный недостаток ВТП – это массивная оболочка, препятствующая интенсивному охлаждению силового трансформатора. При такой температуре окружающей среды вопрос охлаждения ВТП является ключевым, т.к. очень сложно обеспечить требуемое тепловое состояние внутри ВТП (эта проблема связана с отводом тепла, выделяемым трансформатором при работе). Для того чтобы решить эту важную задачу применяют усиленную изоляцию обмоток трансформатора, изоляцию класса нагревостойкости Н (180 °С).

Как известно, эффективность системы охлаждения при конвективном охлаждении прямо пропорциональна площади наружной поверхности. Для увеличения интенсификации охлаждения поверхность оболочки специально увеличивается дополнительным оребрением и гофрированием. Конструкция корпуса может быть дополнительно увеличена как показано на рисунке 2, такие решения необходимы для подстанций мощностью более 630 кВА.



Рис. 2. ВТП каплевидной формы мощностью 1250 кВА

На сегодняшний день конструкция ВТП представляет собой устройство, состоящее из 3-х основных отсеков: РУВН (распределительное устройство высокого напряжения), силовой трансформатор, РУНН (распределительное устройство низкого напряжения).

Отсек РУВН служит для подвода высокого напряжения к силовому трансформатору. Основной перечень оборудования отсека РУВН: разъединитель, высоковольтный вакуумный выключатель, ограничители перенапряжения, трансформатор собственных нужд, измерительные трансформаторы тока, микропроцессорный терминал защиты от токов утечки.

РУНН представляет собой отсек управления отходящими линиями, с количеством отходящих присоединений от двух до восьми. Как правило, такие линии подключаются при помощи контакторных выдвижных модулей. Корпус РУНН снабжается крышкой с быстро открываемым замком. Для контроля и управления линиями отходящих присоединений используются микропроцессорные блоки с программным контролем заданных величин. Информация с приборов может передаваться на центральный диспетчерский пульт оператора. Микропроцессорный блок защиты может быть выполнен с запоминанием параметров для получения информации, например, о перегрузках, количестве отключаемых КЗ [2].

Применение современных комплектующих в отсеках РУВН и РУНН значительно повышает надежность оборудования. Время срабатывания современного микропроцессорного блока защиты снижается почти в два раза, по сравнению с эксплуатируемым оборудованием, выпущенном в 2000-х годах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные ВТП выполняются в соответствии с тенденциями развития оборудования угледобывающей промышленности, т.е. увеличение мощности подстанции в единице массогабаритных показателей. Это достигается применением современного электротехнического оборудования, которое обеспечивает не только увеличение мощностных характеристик, но и повышения уровня безопасности оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добыча угля: основные показатели // Министерство энергетики Российской Федерации: сайт 2008. URL: <http://minenergo.gov.ru/node/435> (дата обращения 17.04.17)
2. Чернов И.Я., Анализ технико-эксплуатационных показателей современных взрывозащищенных трансформаторных подстанций/ И.Я. Чернов [и др.] // Сборник научных трудов УкрНИИВЭ "Взрывозащищенное оборудование", Донецк 2006, с 74-90.